Aus dem Institut für Geschichte der Medizin
der Freien Universität Berlin
(Direktor: Prof. Dr. med. Heinz G o e r k e)

TÖDLICHE HOCHSPANNUNGSUNFÄLLE

beim Umgang mit Röntgenapparaten für medizinische Zwecke

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der Medizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Brunhilde Kleibeler geb. Schöfer
aus Pegau/Sa.

Dekan: Prof. Dr. med. Adalbert L o e s c h k e
Referent: Prof. Dr. med. Heinz G o e r k e
Koreferent: Prof. Dr. med. Walter K r a u l a n d

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin

Promoviert am 23. April 1965

Druck: H. Franzen, Berlin 39 23 25

Inhaltsverzeichnis

I.Einleitung

Es ist auch Nichtärzten durchaus bekannt,daß zahlreiche Ärzte,ärztliche Hilfspersonen,Röntgentechniker und Patienten in den ersten Jahren der medizinischen Anwendung von Röntgenstrahlen,nach deren Entdeckung im November 1895,bis man deren wahren Charakter erkannt hatte,zu Schaden gekommen sind.
Die Pioniere der röntgenologischen Frühzeit in aller Welt ehrte man durch ein Denkmal auf dem Gelände des Allgemeinen Krankenhauses St.Georg in Hamburg,das im Jahre 1936 errichtet wurde,und auf dem jetzt ihre Namen verzeichnet sind.Diese Namen mit den Lebensläufen sind in einem Ehrenbuch (1) zusammengestellt,das die Erinnerung an die Opfer der Entwicklung eines technischen Verfahrens wachhalten soll,das die Medizin in einem bisher einmaligen Ausmaß methodisch bereichert hat.Daß aber auch Ärzte und Patienten durch die zur Erzeugung der Röntgenstrahlen notwendigen Hochspannungsströme tödlich verunglückt sind,ist in diesem Zusammenhang,bis auf einige ins Auge springende Unfälle,die dann auch in dem Ehrenbuch Erwähnung fanden,kaum beachtet worden.Auch hierbei handelt es sich um echte Opfer der medizinischen Anwendung der Röntgenstrahlen.Daß in diesem Falle die technische Seite der Röntgenstrahlenerzeugung als unmittelbare Todesursache verantwortlich zu machen ist, während es sich bei den in der Regel als Röntgenopfer bezeichneten tödlich geendeten Folgezuständen nach Anwendung der Röntgenstrahlen um strahlenbiologische Effekte handelte,kann nur als unerheblicher Unterschied angesehen werden.

II. Technische Voraussetzungen zur Entstehung von Hochspannungsschäden und deren Verhinderung

W.C.RÖNTGEN benutzte,wie er selbst in der Veröffentlichung seiner Beobachtungen mitgeteilt hat (2),bei der Entdeckung der nach ihm benannten Strahlen,eine Hittorfsche Röhre und einen Rühmkorffschen Funkeninduktor.Mit diesem Funkeninduktor,so berichtet DESSAUER (3),konnten Spannungen bis zu 400 kV und mehreren mA Stromstärke erzeugt werden.Die Hittorfsche Röhre und andere Ausführungen waren "gashaltige Röhren",bei denen die Schwierigkeit bestand, daß Stromstärke und Spannung nicht getrennt geregelt werden konnten.Erhöhung der Spannung bedeutete zugleich Vermehrung der Stromstärke und Änderung des Stromverlaufs.So kam es,daß die älteren Röntgenologen recht gute Techniker sein mußten,um das Verhalten ihrer Röhre bei jedem Reagieren der Spannungsquelle vorauszusehen.Denn der Funkeninduktor ließ sich nicht berechnen."Der Funkeninduktor war und blieb ein Apparat."Im Anfang der Röntgentechnik herrschte die Meinung vor,daß die Leistung eines Funkeninduktors schlechthin durch seine Funkenlänge bestimmt sei.DESSAUER sagt dazu weiter:"Als ich dagegen die Einwände erhob,daß die Funkenlänge nur ein Spannungsmaß sei,daß man ferner zu diagnostischen Zwecken nur Spannungen von etwa 20 - 30 cm Funkenlänge brauche,da Stromstärke und Entladungszahl die Helligkeit des Röntgenlichts beeinflusse,daß die Transformationsleistung nicht allein von der Spannung abhänge,sondern auch von anderen Dimensionen,vor allem von der Dimensionierung von Eisen und Kupfer,entstand daraus ein Literaturkrieg ....."
Dieser Literaturkrieg hatte wenigstens ein Gutes

zur Folge,nämlich,daß die Fabriken mit der Zeit richtig dimensionierte Funkeninduktoren bauten und in den Jahren 1909 bis 1914 die Entwicklung zur Blüte gelangte.
Trotz allem setzte erst mit der Einführung der Coolidge-Röhre,die als "gasarme Röhre" einen erheblichen Fortschritt bedeutete,und des Wechselstromtransformators ein Aufschwung der Röntgentechnik ein,der sichtbaren Niederschlag in der medizinischen Anwendung fand.Denn der Transformator hat,wenn seine sekundäre Streuinduktivität nicht zu groß ist,Energienachschub aus der Stromquelle.Seine Sekundärspannung ist nicht in gleichem Maße wie die des Induktors vom Sekundärstrom abhängig.Sie bricht nicht zusammen,wenn die Coolidge-Röhre viel Strom nimmt,während dies bei der Sekundärspannung des Induktors der Fall ist.Infolgedessen lassen sich die Verhältnisse beim Betrieb mit Transformator und Coolidge-Röhre berechnen;die Abläufe sind übersehbar und wiederholbar.Und das gab schließlich den Ausschlag (4).
Für den Diagnostikapparat war die Verwendung einer Glühkathodenröhre mit Wechselstrom möglich,für die Tiefentherapie mußte hochgespannter konstanter Gleichstrom verwendet werden.Wechselstrom wurde deshalb in einem Hochspannungstransformator umgeformt.Als Gleichrichter wurden sogenannte Ventilröhren eingeführt.Dabei handelt es sich um Hochvakuum-Glühkathodenröhren,die so konstruiert sind,daß keine Röntgenstrahlen ausgesendet werden (5).Solange nämlich die Anode nicht so hochgradig erhitzt ist,daß sie Elektronen zu emittieren vermag,wirkt jede Glühkathode als Ventil (6).

Im Jahre 1922 hatte die Glühkathoden-Therapieröhre schon eine Leistungsfähigkeit erlangt, die bei 190 kV_s Leistung 1500 W im Dauerbetrieb gestattete.
Die Regulierung der Röhren konnte bei den alten Apparaten nur mittelbar ausgenutzt werden, da die Nutzspannung nur durch den primären Vorwiderstand reguliert wurde. Durch die Verlegung des Gleichrichtervorganges in den sekundären Stromkreis des Röntgenapparates erhielt der eisengeschlossene Hochspannungstransformator seinen dauernden Platz in der Röntgentechnik (7).

Wie aus diesen kurzen Erörterungen hervorgeht, sind zum Betrieb einer Röntgenröhre hochgespannte Ströme notwendig. Das Aussehen einer Röntgeneinrichtung um die Jahrhunderwende hat DONATH (8) sehr anschaulich beschrieben: "Der Fachmann wird zu einer leistungsfähigen Röntgenstrahleneinrichtung außer einer Stromquelle, einem Induktor, einer Röhre und etwas Leitungsmaterial nicht viel bedürfen, denn alle anderen Apparate können bei einigem Verständnis und ausreichender Geschicklichkeit selbst improvisiert werden. Anders bei den Drähten zwischen Induktor und Röhre. Wegen der hohen Spannung und entsprechend sehr geringen Stromstärke, welche sie führen, kann der Querschnitt kleingewählt werden, man achte jedoch darauf, daß ihre Isolation eine vorzügliche sei und mache zur Verhütung einer Ausstrahlung der hochgespannten Elektrizität die Verbindungen zwischen Induktor und Röhre so kurz als möglich."
Aus dieser schlichten Schilderung geht hervor, wie einfach die Einrichtungen damals waren. Daß

in dieser Zeit keine Hochspannungsunfälle zustande kamen, lag lediglich daran, daß ein hochgespannter Gleichstrom von nur einigen mA verwendet wurde. Wenn wirklich einmal ein Unfall eingetreten ist, dürfte er so gutartig verlaufen sein, daß er in der Literatur nicht Erwähnung gefunden hat.
Erst mit der Einführung des Wechselstromtransformators durch den Amerikaner Hermann LEMP in den diagnostischen Betrieb (3), traten in zunehmender Zahl Unfälle, auch solche mit tödlichem Ausgang, auf, die vor allem durch die nunmehr benutzten höheren Stromstärken verursacht wurden.
Betrachtet man die Bilder von Röntgeneinrichtungen nach dem Ersten Weltkrieg, so fällt auf, daß die Hochspannungsleitungen ohne großen Schutz und ohne vernünftige Erdung frei durch den Raum gelegt wurden. Es war jederzeit möglich, daß Ärzte, Patienten oder das Bedienungspersonal versehentlich in Berührung mit den Hochspannung führenden Teilen geraten konnten und dadurch zu Schaden kamen.
Um diese Unglücksfälle für die Zukunft zu verhindern, erhoben sich Stimmen aus der ärztlichen Fachwelt, die eine erhöhte technische Sicherung der Röntgenapparate forderten. Die Bemühungen zielten auf eine bessere Erdung aller metallführenden Teile des Apparates ab. Man forderte eine ausreichende Isolierung des Fußbodens und der Hochspannung führenden Kabel, optische und akustische Warnsignale bei eingeschalteter Hochspannung, und die Einführung von Schutzschaltern, die beim Berühren der Hochspannungsleitung den Strom sofort unterbrachen. Die zu dieser Zeit üblichen Maximalschalter genügten keineswegs, da nur Abschaltung bei Überschreitung einer gewissen höchstzulässigen Primärstromstärke erfolgte. Man konnte also,

mit anderen Worten,bereits verunglückt sein,ohne daß der Maximalschalter in Tätigkeit getreten war (9).
Daher forderten F.M.GROEDEL und H.LOSSEN (10) erheblich weiter gehende Sicherheitsvorkehrungen.Sie gingen dabei von folgenden Überlegungen aus.:

1.Ist an einem Transformatorapparat die Röhre nicht direkt in den Hochspannungswechselstrom gehängt,ist vielmehr irgendeine Funkenstrecke, z.B.ein sekundärer Gleichrichter dazwischen geschaltet,so ist der sekundäre Strom unter gewöhnlichen Verhältnissen ungefährlich.Im Moment der Unterbrechung durch Gleichrichter oder Funkenstrecke fällt der Sekundärstrom immer wieder zum Nullpunkt ab.Während der kurzen Stromschlußdauer kann er aber nicht über eine gewisse Stromstärke ansteigen.Es fehlt,wie der technische Fachausdruck lautet,der Nachschub.Ist also aus Versehen an einem der vielgebrauchten Hochspannungsgleichrichter ein Mensch in den Sekundärstrom eingeschaltet,so entstehen bei ihm Muskelzuckungen und in der Regel wird er vom Apparat weggeschleudert.
Gleiches gilt erst recht von den Induktorien,die stets mit Unterbrechern arbeiten.Hier kommt noch hinzu,daß durch den sogenannten offenen (stabförmigen) Eisenkern ein Ansteigen des Stromes über ein gewisses Maximum verhindert wird.

2.Anders verhält es sich beim Wechselstrom-Transformer mit direkt im Hochspannungs-Wechselstromkreis eingeschalteter Röhre.Ist hier aus Versehen ein Mensch einpolig oder doppelpolig in den Hochspannungskreis eingeschaltet,so wird, da keine Unterbrechung stattfindet,dauernd Spannung nachgeschoben,das für den Körper erträgliche Maximum ist im Augenblick überschritten,es

tritt elektrische Verbrennung ein und ein Abreißen des Verunglückten vom Draht ist infolge des tetanischen Muskelkrampfes unmöglich.
Aus diesen Gründen forderten F.M.GROEDEL und H.LOSSEN,daß an jedem Apparat ein Sicherheitsschalter zur automatischen selbsttätigen Stromunterbrechung angebracht sein muß,so daß bei jedem außergewöhnlichen Stromanstieg schon lange vor der kritischen Höhe der Apparat ausgeschaltet wird.

Diesen Prinzipien entsprach der "Securo-Sicherheitsapparat",eine Entwicklung der Firma SANITAS (B e r l i n) aus dem Jahre 1925,der sowohl bei einpoliger als auch bei zweipoliger Berührung sofort in Tätigkeit trat und den Strom unterbrach.
Das Prinzip des "Securo" beruht darauf,daß durch Berührung im sekundären Stromkreis eine anormal hohe Sekundärstromstärke im Hilfstransformator entsteht,dessen Sekundärwicklung mit einem automatischen Auslöseorgan in Verbindung steht,wo ebenfalls ein starker Strom induziert wird,der die Auslösung des Schaltorgans bewirkt und zur Abschaltung des Hochspannungstransformators führt.
Liegt aber eine Röhre oder ein anderer hoher Widerstand in Hintereinanderschaltung im Sekundärstromkreis,so kann keine Auslösung erfolgen.
Deshalb wurde ein zweites Auslöseorgan mit dem ersten kombiniert.Dieses einpolig wirkende Ausschaltorgan spricht mit Sicherheit dort an,wo das zweipolig wirkende trotz zweipoliger Berührung nicht anspringen kann.
Der "Securo-Sicherheitsapparat"hat eine kurze Auslösezeit von 3/50 Sekunden.

Bevor aber alle diese Maßnahmen und Forderungen durchgeführt werden konnten und die ersten Hochspannungsschutz-Vorschriften inkraft traten,verging noch einige Zeit.

III.Kasuistik der röntgenologischen Hochspannungsunfälle

Während des Literaturstudiums über die tödlichen Hochspannungsunfälle an medizinischen Röntgenapparaten fiel auf,daß verhältnismäßig wenig darüber berichtet worden ist.Anfragen bei den führenden Röntgenfirmen wie SIEMENS-REINIGER (E r l a n g e n),SIEMENS (B e r l i n),AEG (B e r l i n), KOCH & STERZEL (E s s e n) und CH.F.MÜLLER (H a m b u r g) waren im Hinblick auf die Kasuistik ohne Ergebnis.Dabei ist zu berücksichtigen,daß mehrere Firmen im Zweiten Weltkrieg ihr gesamtes Werksarchiv verloren haben.Auch Nachforschungen bei der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (H a m b u r g),beim Gewerbeaufsichtsamt B e r l i n,beim VDE in F r a n k f u r t a.M.und beim Statistischen Bundesamt in W i e s b a d e n blieben ohne Erfolg,da deren Unterlagen ausnahmslos durch die Kriegs- und Nachkriegsereignisse verloren gegangen sind.

Persönliche Mitteilungen von Herrn Dr.S.KOEPPEN (W o l f s b u r g),Herrn Prof.Dr.H.LOSSEN (M a i n z), Herrn E.STRELLER (Deutsches Röntgenmuseum,R e m s c h e i d - L e n n e p),sowie von Frau Prof. Dr.E.LESKY (Institut für Geschichte der Medizin an der Universität W i e n),Herrn Prof.Dr.H.SCHÄFER (Physiologisches Institut der Universität H e i d e l b e r g) und Herrn Prof.Dr.Stefan JELLINEK gaben uns wertvolle Hinweise,jedoch keine Angaben über uns noch nicht auf anderem Wege bekannt gewordene Fälle.

Aufgrund einer sorgfältigen Durchsicht der Röntgenfachzeitschriften,mehrerer Reihen von allgemein medizinischen und standespolitischen,sowie die Grenzgebiete zwischen Medizin und Technik be-

treffende Periodika gelang es noch 20 derartige Unfälle nachzuweisen,über die Angaben von recht unterschiedlichem Aussagewert vorliegen.

1.

In P a r i s verunglückte am Hospital Saint-Antoine von Neuilly der Chefradiologe Dr.Francois JAUGEAS bei einer Röntgendurchleuchtung am 28.November 1919 im Alter von 39 Jahren tödlich (1,33,35).Dr.JAUGEAS war im Jahre 1903 in die Allgemeinmedizinische Abteilung des Hôpitals Saint-Antoine eingetreten.Er hat sich als Übersetzer des GRASHEYschen Atlas normaler Röntgenbilder ins Französische einen Namen gemacht.
Während bei der Durchleuchtung JAUGEAS mit der rechten Hand hinter dem Schirm den Leib des Patienten palpierte,versuchte er mit der linken Hand die Röhre einzustellen,als es plötzlich zum Funkenüberschlag kam und der Arzt tot zu Boden geschleudert wurde.
Als Ursache des Unglücks wurde festgestellt,daß ein Draht der Hochspannungsleitung mit dem Metallrand des Schirmes,der nicht geerdet war,in Berührung kam.Der Fußboden war ebenfalls ein guter Leiter.Der Strom lief vom rechten Schultergelenk durch den Thorax zum linken Schultergelenk und trat aus der linken Hand wieder aus.
Ein Chirurg,der der von JAUGEAS ausgeführten Röntgenuntersuchung beiwohnte,versuchte seinen Kollegen vom Kontakt zu befreien.Dies gelang ihm erst beim dritten Versuch und er zog sich Verbrennungen an der Hand dabei zu.
In einer anderen Darstellung (34) heißt es,daß JAUGEAS mit dem Kranken und zwei Wärtern,die keine

Sachkenntnis in der Bedienung der Röntgenapparatur besaßen,allein im Zimmer war.Im Moment,als der Funkenüberschlag auf JAUGEAS geschah,erhielten der Kranke und die Pfleger einen heftigen Rückstoß.Die momentane Verwirrung und die Dunkelheit im Raum ließen eine Unterbrechung des Stromes nicht zu.
Hier zeigt sich klar,daß der nicht geerdete Blendrahmen und die lose hängenden,nicht geschützten Hochspannungsleitungen für viele Unfälle verantwortlich waren.

2.

Prof.Max LEVY-DORN (12,13,14,15,16,17) beschrieb einen Unfall mit zwei Todesopfern,der sich in M a e n n t e e (Finnland) am 21.Oktober 1924 ereignete.Hier war erst kürzlich für einen Arzt ein Explorator von SIEMENS & HALSKE (Halbwellenapparat) für 220 V Wechselstrom installiert worden.
Nach Transformierung liefert der Röntgenapparat höchstens 60 kV.Der Unfall ereignete sich als der Arzt seine erste selbstständige Aufnahme machen wollte.Er hatte die Absicht,das rechte Bein eines Schiffsjungen zu röntgen,da aber die Röhre nicht richtig zentriert war,wollte er die Stellung verbessern und griff dabei mit der rechten Hand an die Kathode der mit 40 kV beschickten Röhre,während die Schwester die Anode mit der linken Hand angriff.Unglücklicherweise berührten sich beide mit den freien Armen,so daß es zum Kurzschluß kam.
Vom linken Arm des Arztes ging ein Flammenbogen zum rechten Oberarm der Schwester.Sie sanken bewußtlos um,rissen dabei das Röhrenstativ mit.Ihre Kleider fingen Feuer.Von einem Arbeiter,der sich außerhalb des Raumes befand,wurde der Unglücks-

fall bemerkt und er unterbrach den Strom.
Bei der Untersuchung fanden sich Verbrennungen dritten Grades an der rechten Hand und am linken Arm des Arztes, am rechten Arm und an der linken Hand der Schwester.
Die Ursache des Unglücks war einmal in der Unkenntnis auf röntgenologischem Gebiet zu suchen, außerdem war der Röntgentrafo durch die miteinander in Reihe geschalteten Oberkörper der beiden Verunglückten kurzgeschlossen. Hätten optische und akustische Warnsignale bestanden, durch die ein Eingeschaltetsein des Hochspannungstransformators angezeigt worden wäre, hätte das Unglück nicht geschehen können.
Die Bahn des Kurzschlußstromes (Wechselstrom) ging vom kathodischen Pol zur rechten Hand des Arztes, durch seinen Körper zum linken Arm, von da teils unmittelbar, teils auf dem Wege eines Flammenbogens zum rechten Arm der Schwester, durch ihren Körper zur linken Hand und zum anodischen Röhrenpol.

3.

Dr. Franz POLGAR (1,17,18,19) berichtete von einem tödlichen Unfall des Arztes Dr. Stephan FARAGO im Röntgenlaboratorium in P é c s (Ungarn). Der Arzt, der am 16. April 1895 in K e c s - k e m e t (Ungarn) geboren wurde, eröffnete 1922 eine Praxis in O r o s h á z a. 1923 übernahm er als Chefarzt eine Filiale des Stephanie-Landesverbandes für Kinderschutz. Im Jahre 1925 begann er seine röntgenologische Ausbildung, wobei er erst das Röntgeninstitut der Charité-Poliklinik in B u d a p e s t besuchte. Später beschäftigte

er sich mit der Oberflächentherapie in P é c s, wo die Hautklinik denselben Halbwellenapparat zu Bestrahlungen verwendete, den Dr. FARAGO auch in seinem Ordinationszimmer aufgestellt hatte. Hier verunglückte er im Alter von 30 Jahren am 15. Oktober 1925 tödlich.
Das Unglück ereignete sich an einem Diaxapparat der Firma KOCH & STERZEL. Dieser Apparat diente für zwei Arbeitsplätze; einen für Durchleuchtung und einen für Therapie. Dafür waren zwei Heizstromabzweigungen vorhanden; die nichtgebrauchte konnte hochgehängt werden. Nach Beendigung einer Durchleuchtung wollte der Arzt die Heizstromzuführung hochhängen, die durch eine Klemme befestigt wurde. Versehentlich trat er auf den Fußschalter des Apparates, wodurch es zur Einschaltung der Hochspannung kam und somit zum Kurzschluß. Der Apparat war mit einem automatischen selbsttätigen Stromunterbrecher ausgestattet, der jedoch nicht funktionierte. Die Stromunterbrechung gelang erst einem Kollegen, der das Zuführungskabel aus der Steckdose zog. Der Verunglückte war sofort tot.
Die Spannung betrug zur Zeit des Unglücks 40 kV. Die Stromstärke war nicht mehr genau feststellbar.
Der automatische selbsttätige Stromunterbrecher war ein Maximalunterbrecher, der auf eine Stromstärke von 40 mA eingestellt war. Da er jedoch nicht in Tätigkeit trat, war ein dauernder Nachschub von Spannung möglich.
Dieser Fall zeigt besonders ausdrucksvoll, daß die Maximalschalter keine ausreichende Sicherheit boten und daß die Fußschalter eine Verriegelungsvorrichtung besitzen mußten, durch die ein verse-

hentliches Einschalten der Hochspannung verhindert werden konnte.

4.

Über einen Unglücksfall im Öresund-Hospital in H e l s i n g ö r wird im Jahre 1927 berichtet (1, 20). Die Röntgeneinrichtungen stammten von der Firma SIEMENS-SCHUCKERT. Der Transformator stand in einem besonderen Raum. Der gleichgerichtete hochgespannte Strom wurde durch die Wand in das Untersuchungszimmer zur Hochspannungsleitung, die an Holz-Porzellan-Isolatoren an der Decke befestigt war, geführt. Neben der Hochspannungsleitung für die Anode lief außerdem die Heizstromleitung für den Glühdraht der Coolidge-Röhre. Das Aufnahmestativ war ein geerdetes Eisenstativ. Die Verbindung von den Deckenleitungen zur Röhre erfolgte durch einen Steckkontakt der Heizstromleitung zur Antikathode und durch eine mit Haken versehene Leitung zur Kathode. Ein Teil dieser Leitung war selbstaufrollend nach Art eines Metallbandmaßes konstruiert. Dr. Emil KLUBIEN, der am 22. November 1878 geboren wurde, war seit März 1911 als praktischer Arzt in H e l s i n g ö r tätig. Im August 1922 übernahm er die röntgenologische Abteilung des Öresund-Hospitals. Im Verlauf einer Durchleuchtung berührte er mit der rechten Hand die Kassette unter der Röhre und stützte dabei seine rechte Schulter gegen das Eisenstativ. Während der Belichtung sprang die mit einem Haken versehene Leitung für die Kathode von der Röhre und streifte Dr. KLUBIENS linke Schulter. Dadurch kam das Eisenstativ durch ihn in Verbindung mit der Leitung der Kathode und der Strom floß durch den

Körper des Arztes zur Anode. Der Kreislauf des Stromes wurde nun durch einen Funkenüberschlag über die Luft geschlossen. Die Spannung betrug zu diesem Zeitpunkt 100 kV. Gleich danach trat der in die Anlage eingesetzte Maximalschalter in Funktion und der Strom wurde unterbrochen. Der Maximalschalter reagierte zur Zeit des Unglücks mit ca. 50 mA. Der Assistent hörte gleichzeitig die gewaltige Funkenentladung und einen Schrei. Er unterbrach sofort den Kontaktunterbrecher, sicher aber später als der automatische Unterbrecher. Dr. KLUBIEN fiel bewußtlos nach hinten über. Am 5. Tage nach dem Unglück starb er an akutem Herzversagen.

Unmittelbar nach dem Unglück fanden sich kleine Verbrennungen an der linken Schulter, wo er mit der Leitung in Berührung gekommen war und an der rechten Schulter, wo er sich gegen das Eisenstativ gestützt hatte. Der Strom war also quer durch den ganzen Körper gegangen.

Der Haken an der berüchtigten Leitung war kein Karabinerhaken, sondern nur ein hakenförmiger gebogener millimeterdicker Metalldraht, der nahezu gerade gerichtet war, bedingt durch Überstreckung der Leitung bei früherer Benutzung.

5.

Im Militärhospital "Maioot" in A l g i e r, kam ein Elektriker während seiner Arbeit der Hochspannung zu nahe (21, 22). Durch Funkenüberschlag auf seinen Kopf trat der sofortige Tod ein. Während der kurzen Zeit (1 sec), wo der hochgespannte Strom durch seinen Körper floß, stand der Körper des Verunglückten in Zwangsstellung. Obwohl

der Strom sofort unterbrochen wurde, kam hier jede Hilfe zu spät.

6.

Ein anderer, aber ähnlicher Unglücksfall, ereignete sich ebenfalls im Hospital "Maioot" in A l g i e r. Der erste Röntgenlaborant Antoine CARDONA verunglückte tödlich, als er der Kathode zu nahe kam, während ein Mitarbeiter die Röhre regulierte (1).

7.

Nach einer Notiz vom 20.Oktober 1929 im "Matin" verunglückte Peter LEDON durch einen elektrischen Unfall tödlich. Er war zunächst Röntgenassistent am Hôpital de la Conception in M a r s e i l l e, später am dortigen regionalen Bezirkskrankenhaus zur Bekämpfung des Krebses beschäftigt. Peter LEDON war bereits ein Opfer seines Berufes geworden, da er sich an beiden Händen infolge seiner Arbeit eine chronische Dermatitis zugezogen hatte (1).

8.

Am 26.Oktober 1930 wurde Dr. Béla NYITRAI von einem elektrischen Schlag tödlich getroffen (28). Dr. B. NYITRAI, geboren im Jahre 1893 in K a m a r o n (Ungarn), studierte von 1912 bis 1919 an der Universität in B u d a p e s t Medizin. Im Jahre 1921 ließ er sich als praktischer Arzt in B é k é s c s a b a nieder. Im Jahre 1929 erwarb er eine Röntgenapparatur. Als er Vorversuche für die in den nächsten

Tagen vorzunehmenden Untersuchungen anstellte, verunglückte er tödlich.Die eigentliche Ursache des Unfalls ist nicht bekannt,da er sich allein im Laboratorium befand (1).
In einer anderen Darstellung (27) heißt es,daß er mit der Säuberung und Durchsicht seiner Anlage beschäftigt gewesen war,bevor man ihn tot vor seinem Durchleuchtungsapparat auffand.Bei der Untersuchung fanden sich über dem Köpfchen des Metacarpale II und III rechts pergamentartige Veränderungen der Haut mit blasenartigen Rissen und an den Schuhsohlen mehrere Verbrennungsstellen.Der Tod des Arztes wurde durch einen Funken verursacht,der von der Hochspannungsleitung,die zur Antikathode führte,übergesprungen war.

9.

An der medizinischen Universitätsklinik K ö n i g s b e r g wurden am 29.Oktober 1931 bei der Kaufmannsfrau Lissy K.wegen Zahnbeschwerden Röntgenaufnahmen gemacht (13,23,24,25).Die Frau war wegen eines schweren organischen Nervenleidens mit ausgedehnten Lähmungen in der Klinik in Behandlung. Die Aufnahmen wurden mit dem "Gigantos"-Apparat der Firma SIEMENS gemacht,der erst im Frühjahr eingebaut worden war.Die Apparatur wurde von einer erfahrenen Röntgenschwester bedient,während der Zahnarzt die Aufnahmen leitete.
Der "Gigantos" war ein Ventilröhren-Diagnostikapparat,dessen metallenes Röhrenstativ und dessen metallenes Lagerungsgestell für die Patienten nicht geerdet war.Die zur Röhrenanode führende Hochspannungsleitung war am Röhrenstativ vorbeigeleitet. Die Röhrenheizleitung wurde abgebunden,um einen

genügend großen Abstand von der Röhre zu erzielen. Der Arzt hielt mit seiner linken Hand den Film im Munde der Kranken, mit dem rechten Knie berührte er das Lagerungsgestell. Bei der ersten Aufnahme gab es keinerlei Störungen, während bei der zweiten Aufnahme ein Funkenüberschlag eintrat.
Bei der Kranken, die eine Brandwunde am Gesäß aufwies, trat der sofortige Tod ein. Der Arzt war 10 Minuten bewußtlos. Er wies Brandwunden dritten Grades an der linken Hand und am rechten Knie auf.
Die Ursache des Unglücks war darin zu suchen, daß die Summe der Abstände der Hochspannung führenden Teile vom metallischen Gerät einerseits und von der Kranken andererseits unzureichend gewesen war. Offenbar war nach Ausführung der ersten Aufnahme eine Änderung in der Lage der Kranken oder eine solche in der gegenseitigen Stellung von Röhrenstativ und Lagerungsgestell eingetreten, so daß die Abstände, die ursprünglich ausgereicht hatten, bei der zweiten Aufnahme nicht mehr genügt haben. Der Arzt und die Kranke waren miteinander in Reihe unter Zwischenschaltung von Luftstrecken an die Pole des Röntgenapparates angeschlossen.
Es hatte sich der folgende Stromweg ausgebildet:
Von der anodischen Röhrenzuleitung über eine Luftstrecke zum Röhrengestell, von da zum Lagerungsgestell der Kranken und zum rechten Knie des Arztes, durch den Körper zur linken Hand, von da in den Mund der Kranken, durch deren Körper zum Gesäß und zur Unterlage, und über eine Luftstrecke zur kathodischen Röhrenzuleitung.
An diesem Fall lassen sich besonders gut die Gefahren eines nicht geerdeten metallenen Röhrenstativs und Lagerungsgestells erkennen.

10.

Aus Italien wurde ebenfalls im Jahre 1931 der Tod eines Patienten in einer zahnärztlichen Praxis berichtet. Leider sind über diesen Fall keinerlei Einzelheiten in der Literatur mitgeteilt worden. Es ist angenommen worden, daß der Patient auf einem an die Wasserleitung angeschlossenen Stuhl saß (26).

11.

In der Schweiz, im Thurgauer Kantonhospital M ü n s t e r l i n g e n, verunglückte der Chefarzt Dr. Jakob Dionys EBERLE am 16. November 1932 tödlich, als er den rechten Unterarm eines Patienten durchleuchten wollte (13,29,30,31,32). Das Untersuchungsgerät war aus Metall und besaß eine geerdete BUCKY-Drehblende. Die Stromzuleitung zu dem die Drehblende antreibenden Drehfeldmotor bestand aus einer dreiadrigen isolierten Leitung. Diese war an die Drehblende mittels eines Hartgummisteckers angeschlossen. Am Ende der isolierten Leitung befand sich eine blanke, metallene Schnurschutzspirale. Der Stecker war bereits mehrere Male repariert. Die Drähte der Litze waren durch die Isolation gebohrt, so daß die Kabelspirale am Stecker Kontakt hatte.
Nach einer gerade beendeten Operation ging Dr. EBERLE in das Röntgenuntersuchungszimmer, um dort eine Durchleuchtung vorzunehmen. Seine Arme, die er zuvor gewaschen hatte, waren noch feucht. Als er beim Durchleuchten mit der linken Hand die Hand des Kranken faßte, berührte er dabei mit dem Oberarm die hintere Kante des Blendrahmens. Mit dem rechten Arm griff er unterhalb des Kassettenrahmens durch, um den Ellenbogen des Kranken zu stützen.

Er kam dabei einmal mit der blanken Schnurschutzspirale (Stelle a.) und an einer etwa 6 cm weit davon entfernten,in der Nähe der Ellenbogenbeuge gelegenen Stelle b.mit der geerdeten Metalleiste der Drehblende in Berührung.Er fiel tot zu Boden.
Bei der Untersuchung fanden sich leichte Verbrennungen an beiden Oberarmen,und zwar am linken an einer Stelle,am rechten an zwei Stellen.Von diesen war die eine (b.) in der Nähe der Ellenbogenbeuge, die andere (a.) etwa 6 cm weit davon entfernt.
Begünstigend für den tödlichen Unfall wirkte die leitende Verbindung zwischen der Schnurschutzspirale und der einen an das Netz angeschlossenen Ader der Stromzuführung zur Drehblende infolge eines Defektes im Stecker bzw.im Endstück der Stromzuleitung.Die Schnurschutzspirale hätte entweder außen für Netzspannung isoliert oder geerdet sein müssen.Auch die feuchte Haut,die einen guten Leiter darstellte,war mit für den Unglücksfall verantwortlich zu machen.

In einer ausführlichen Arbeit von Dr.G.GROSSMANN (B e r l i n) "Elektrische Unfälle - Kritische Betrachtungen über eine Reihe elektrischer Unfälle in medizinischen Röntgenbetrieben" (13) sind auch mehrere Todesunfälle beschrieben.

12.

In einem Fall war ein Halbwellenapparat an einem Wechselstromtransformator angeschlossen.Im Primärkreise des Röntgentransformators befand sich kein Widerstandsregler und offenbar auch kein Höchststromauslöser.Der Mittelpunkt der Sekundärwicklung des Röntgentransformators war geerdet.Die

Röhre wurde an die Sekundärklemmen unmittelbar angeschlossen.Die zur Röhre führenden Leitungen hingen in Form von Schleifen herunter.Der Röhrenständer war nicht geerdet.Der Fußboden mit Linoleum belegt.
Der Arzt nahm eine Durchleuchtung vor,indem er mit einer Hand das Durchleuchtungsgerät bediente.Dabei kam eine der in Schleifenform hängenden Röhrenzuleitungen mit dem Röhrenständer in Berührung.Der Arzt brach lautlos zusammen und war sofort tot.
Die Ursachen des Unfalls bildeten hier einmal die Benutzung der lose herabhängenden Röhrenzuleitungen,dann das Nichtgeerdetsein der Metallteile des Röhrenständers,sowie das Geerdetsein des Mittelpunktes der Röntgen-Trafo-Sekundärwicklung und das Fehlen eines Höchststromausschalters im Primärkreise des Röntgentransformators.Die eine Hälfte der Sekundärwicklung des Röntgentransformators war auf dem Wege Röhrenzuleitung - Gerät über die Hand und die Füße des Arztes zum Fußboden und damit zur Erde,zurück zum Mittelpunkt der Sekundärwicklung des Röntgentrafos kurzgeschlossen.
Nähere Angaben über Ort und Zeit des Unfalls,sowie den Namen des Verunglückten fehlen.

13.

Dieser Unfall geschah an einem großen Röntgendiagnostikapparat mit umlaufendem Hochspannungsgleichrichter.Das Röhrenstativ war aus Metall.
Die Röhre war in waagrechte Lage gebracht worden, um eine Obertischaufnahme zu machen.In die anodische Röhrenzuleitung hatte der Arzt einen Knoten geknüpft,so daß sie sich unter dem Einflusse der Spannfeder in der Kabeltrommel nicht mehr

ganz aufrollen konnte.An der Leitung hatte er einen Verlängerungsdraht befestigt,an dessen Ende sich ein Haken befand,der in einer am Gerät vorhandenen Öse eingehängt war.Der Raum enthielt Parkettfußboden.
Der Arzt stand an das Stativ angelehnt und schaltete den Röntgenapparat ein.Unmittelbar darauf rutschte der Haken,der aufgebogen war,aus der Öse heraus. Die anodische Röhrenzuleitung fiel auf die Schulter des Arztes,von der kathodischen Röhrenzuleitung schlug ein Funke zum Stativ über.Der Arzt sank zu Boden.Nach 5 Tagen erlag er seinen Verletzungen.
In erster Linie ist für diesen tödlichen Unfall die Benutzung eines (vielleicht aus weichem Material hergestellten) aufgebogenen Hakens an Stelle eines zuverlässigen Verbindungsmittels am Ende der Röhrenzuleitung verantwortlich gewesen,so dann der an die federnde Bandleitung gelenkig (mittels Haken) angesetzte Verlängerungsdraht.Für diese Mängel an der Röhrenzuleitung war der Benutzer selbst verantwortlich und daher der Unfall auf sein Verschulden zurückzuführen.
Der Verunglückte war an dem Röntgenapparat auf dem Wege über die anodische Röhrenzuleitung - Arzt-Stativkörper - Funkenbahn - kathodische Röhrenzuleitung angeschlossen.Sein Rumpf war von einem intermittierenden Gleichstrom großer und sehr variabler Stärke und von mittel- und hochfrequenten Strömen durchflossen.Auch bei diesem Fall vermißt man Angaben über Ort,Zeit und Namen des Verunglückten.

14.

Ein weiterer von GROSSMANN mitgeteilter Unfall betrifft einen Arzt,der an einem Halbwellenapparat

für Röntgendiagnostik arbeitete.Der Mittelpunkt der Sekundärwicklung des Transformators war geerdet.Der Höchststromausschalter lag im Primärkreis des Transformators,der so eingestellt war, daß er bei etwa 60 mA Stromstärke ansprach.Der Fußschalter war mit einem geerdeten Gehäuse umgeben.Mit diesem Halbwellenapparat wurden zwei Arbeitsplätze versorgt.Das Umschalten von der einen Röhre auf die andere geschah durch Umlegen der biegsamen Röhrenheizleitung.Der Fußboden bestand aus verhältnismäßig gutleitendem Terrazzo.
Nachdem eine Durchleuchtung beendet war,ging der Arzt daran,die Heizleitung von der einen Röhre auf die andere umzulegen.Dabei trat er versehentlich auf den Fußschalter,so daß der Röntgenapparat eingeschaltet wurde.Bevor noch ein Kollege den Apparat ausschalten konnte,war beim Arzt bereits der Tod eingetreten.An den Händen und Füßen,die auf den Fußschalter aufgesetzt waren, wies der Verunglückte Strommarken auf.
Die Ursachen des Unfalls sind einmal in dem Umstellen bei eingeschalteter Hochspannung zu suchen, zum anderen in dem Fußschalter,der keinerlei Verriegelungsvorrichtung besaß,in dem Geerdetsein des Mittelpunktes der Röntgen-Trafo-Sekundärwicklung und in der Erdung des Verunglückten,und damit des einen Apparatepoles durch den Fußschalter und dem verhältnismäßig gutleitenden Fußboden.Der Verunglückte war an die eine Hälfte der Röntgen-Trafo-Sekundärwicklung unmittelbar angeschlossen.
Es hatte sich der folgende Stromweg ausgebildet: vom kathodischen Röhrenpol über die Heizleitung zur Hand des Arztes,durch dessen Körper zum Fuß und zum

Fußschaltergehäuse,und über die Erdungsleitung zur Erde und zum Mittelpunkt der Sekundärwicklung des Röntgentransformators zurück.

15.

Auch bei diesem,ebenfalls von GROSSMANN,mitgeteilten Fall handelt es sich um einen einfachen Halbwellenapparat,bei dem der Mittelpunkt der Sekundärwicklung des Röntgentransformators geerdet war.Während einer Durchleuchtung griff ein aufgeregter Angehöriger des Kranken nach dem einen Röhrenpol,so daß der sofortige Tod eintrat.
Der Grund des Unglücks war hier besonders in dem Geerdetsein der Sekundärwicklung des Transformators zu suchen,und daß der Angehörige nach der Röhre griff bzw.überhaupt zur Untersuchung zugelassen wurde.

16.

Auch in diesem Fall kam ein Arzt bei Anwendung eines Halbwellenapparates,bei dem der Mittelpunkt der Sekundärwicklung des Röntgentransformators geerdet war,ums Leben.Es gab keinerlei optische und akustische Signaleinrichtungen, die das Eingeschaltetsein der Hochspannungsleitung hätten anzeigen können.Der Arzt stellte fest, daß sich der Zeiger des Röhrenstrommessers bei abgeschalteter Heizung der Glühkathode nicht auf den Nullpunkt der Skala einspielte.Er ging an den Röhrenstrommesser heran,um den Zeiger einzurichten,wobei der Röntgenapparat eingeschaltet war.
Die Folge der unvorsichtigen Berührung war der Tod,abgesehen davon,daß das Fehlen einer optischen und akustischen Signaleinrichtung und das Geerdetsein des Mittelpunktes der Sekundärwicklung des Transformators mit als auslösende Momente hinzukamen.

17.

Am Radiologischen Institut T r i e s t untersuchten Prof.Maximilian GORTON und Dr.D'ESTE einen 46jährigen Mann,der bei einem Autounfall einen Beinbruch erlitten hatte .Unvermutet schoß eine Stichflamme aus dem Apparat,die den Patienten auf der Stelle tötete und bei den Ärzten schwere Brandwunden hinterließ (1,36).

18.

Im März 1937 verunglückte Wesley M.COATES,N e w Y o r k,mit 29 Jahren bei Versuchen mit der neuen Sloan-Röhre im Krebsinstitut der Columbia-Universität in N e w Y o r k tödlich.Obwohl keine Zeugen des Unfalls zugegen waren,muß angenommen werden, daß COATES einen der hochspannungsführenden Teile der Maschine berührt hat (1).

19.

Nach einem Bericht von Professor Dr.Nandor RATKOCZY (B u d a p e s t) im Ehrenbuch der Röntgenologen und Radiologen aller Nationen,erhielt der Röntgenassistent und Doktorand István MANDULA am 7.November 1949 beim Einschalten eines Freileitungs-Röntgenapparates einen tödlichen elektrischen Schlag (1).

2o.
Noch im Jahre 1957 wurde Professor ESCLANGON bei einer Demonstration vor der "Faculté des Sciences" in P a r i s durch einen elektrischen Schlag getötet (1).

Aus den vorstehend geschilderten Unglücksfällen läßt sich deutlich erkennen, welche Voraussetzungen und Mängel bei ihrem Zustandekommen vorgelegen hatten. Immer wieder fällt auf, daß die Hochspannungsleitungen frei zugänglich waren, daß die Sekundärwicklungen des Transformators geerdet waren, daß es kaum optische und akustische Warnvorrichtungen bei eingeschalteter Hochspannung gab, daß die Fußschalter keine Arretiervorrichtungen besaßen, die bei einem versehentlichen Darauftreten ein Einschalten der Hochspannung verhindern konnten. Die Haken für die Röhrenzuleitungen waren gelegentlich so primitiv konstruiert, daß sie jederzeit unbrauchbar werden konnten und bei Inbetriebnahme auf die Betroffenen herunterfallen und so tödliche Unfälle verursachen konnten.
Auch die metallenen Lagerungstische und Röhrenstative, sowie die Metallrahmen der Durchleuchtungsschirme und die Fußböden waren gute Leiter, so daß sie den hochgespannten Strömen keinerlei Widerstand boten.

Bevor auf die Frage, bei den zur Darstellung gekommenen Hochspannungsunfällen, über die eigentlichen zum Tode führenden Umstände eingegangen wird, seien erst einmal allgemeine Gesichtspunkte über die Wirkung des elektrischen Stromes auf den menschlichen Organismus vorangestellt.
Die Gefährlichkeit des elektrischen Stromes für den Menschen hängt hauptsächlich von der Stromstärke ab. Diese resultiert wieder aus dem Verhältnis von Spannung zu Widerstand ($I = U/R$) (52). R ist hierbei der Widerstand des gesamten Stromkreises, von dem der Mensch einen Teil bildet. R setzt sich also aus den verschiedenen Teilwiderständen zusammen.
Eine Ermittlung der so wichtigen Stromstärke stößt praktisch auf Schwierigkeiten, da meist nur die Spannung zwischen den berührten Punkten und der elektrischen Anlage oder einemmberührten Punkt und der Erde bekannt ist. Meist ist der Widerstand des Menschen für die Größe bestimmend (51).
So ist der Widerstand der inneren Organe, die man praktisch als Salzlösungen betrachten kann, kaum vorhanden, während die Haut, besonders die Hornhautschicht an Händen und Füßen, wenig leitfähig ist. Steigt die Spannung über 200 V (an der Hohlhand und Fußsohle über 500 V), so bricht der Widerstand plötzlich zusammen und der Körper ist einer erheblichen Stromstärke ausgesetzt. Ist der Widerstand der Haut einmal durchbrochen, so bleibt die Stromstärke halbwegs konstant.
Die Höhe des Widerstandes beträgt bei einer Spannung von rund 200 V bei Stromschluß von Hand zu Hand rund 3000 Ohm, bei Stromschluß von Vorderarm zu Vorderarm ist der Widerstand geringer (etwa 800 Ohm), bei guter Durchfeuchtung der Haut und breitem Kontakt mit den Elektroden etwa 200 Ohm.
Bei den Berührungs- und Erdungsstellen des Stromes

bilden sich Strommarken,deren Voraussetzung allerdings ein begrenzter Kontakt sein muß.Bei breiten flächenhaften Kontakten müssen diese Veränderungen nicht vorkommen (52).
Nach JELLINEK zeigen diese Strommarken bei Gleichstrom poldifferenzierte Stromeffekte.Unter dem Pluspol bildet sich in mikroskopischen Hautschnitten eine Verdichtung,während unter dem Minuspol eine Auflockerung zu erkennen ist.Bei Wechselstrom ist das infolge der dauernden Richtungsänderung nicht der Fall - es zeigt sich an beiden Polen ein gleicher Effekt (53).
Die Strommarke entsteht durch Wärmeeinwirkung,d.h.durch Umwandlung der elektrischen Energie in Joulesche Wärme. Sie hat ein grauweißes,gelbliches Aussehen,ist rund oder oval,meist ein wenig erhaben und zentral eingedellt.Die gelegentlich zu beobachtende Unterbrechung des Stratum corneum innerhalb einer Strommarke bezeichnet man als den Ort der Stromdurchschlagsstelle (54).
Eine Flammenbogenbildung tritt auf bei Spannungen von 500 V und einem Abstand von 1 mm zwischen elektrischem Leiter und Haut,bei Spannungen von 20 000 V beträgt die Distanz bereits 6 mm,bei 40 000 V 13 mm und bei 100 000 V 35 mm.So erklärt sich,daß Personen,die in der Nähe von hochspannungsführenden Stromleitern arbeiten oder sich aufhalten,bei sehr hohen Spannungen auch dann verunglücken können,wenn sie gar nicht in unmittelbare Berührung mit den stromführenden Teilen gekommen sind (52).

Verbrennungen durch Flammenbogen zeichnen sich besonders durch die dabei entstehenden hohen Temperaturen (bis 3000° C) aus.Die Hitzeschädigung ist dementsprechend schon bei kürzester Einwirkungsdauer außerordentlich schwer und reicht bereits in die tiefsten Gewebsschichten.Bei Flammenbogenbildung aus kurzer Distanz kommt es außerdem infolge des merklichen Dampfdrucks des metallischen Pols bei ca.3000° C zur

sogenannten Metallisation des Gewebes (54).
Wichtig für die Schädigung eines Organs ist,daß es tatsächlich in der Strombahn gelegen hat.Dies trifft insbesondere für das Herz zu (50,54).
KOEPPEN (51) unterscheidet 4 Stromstärkebereiche,bei denen in Abhängigkeit von der Stromstärke verschiedene physiologische Veränderungen auftreten.
Stromstärkebereich I:Stromstärke bis etwa 25 mA;Spannung etwa 110,220,380 V;Frequenz 50 Hz,auch Gleichstrom, sehr hoher Übergangswiderstand,geringgradige Blutdrucksteigerung in Abhängigkeit von der Stromstärke,geringe Verkrampfung der Atmungsmuskulatur,keine nachfolgende Schädigung des Herzens.Einwirkungsdauer unbegrenzt.
Stromstärkebereich II:Stromstärke etwa 25 - 80 mA; Spannung etwa 110,220,380 V,niedrigerer Übergangswiderstand als bei I,Herzstillstand mit nachfolgender unregelmäßiger Herzschlagfolge,Blutdrucksteigerung, Atmungsverkrampfung.Bei Einwirkungsdauer von etwa 25 - 30 Sekunden an geht Herzstillstand in Herzkammerflimmern über.
Stromstärkebereich III:Stromstärke zwischen etwa 80 - 100 mA und 5 - 8 A;Spannung zwischen etwa 110, 220,380 V,sehr niedriger Übergangswiderstand,Herzkammerflimmern (irreversibel).Physiologische Reaktionen wie bei Stromstärkebereich II.
Fällt ein kurz dauernder elektrischer Reiz gegen Ende der Systole in die "vulnerable period",dann tritt Herzkammerflimmern auf.Bei Gleichstrom entsteht der Flimmern auslösende Reiz nur bei der Durch Ein- und Ausschaltung auftretenden Stromschwankung.Anders liegen jedoch die Verhältnisse beim Wechselstrom.Die Summe der rasch aufeinander folgenden Stromänderungen sind genügend starke Reize,die,wenn sie mindestens 1 Sekunde andauern,stets Kammerflimmern zur Folge haben.Ein elektrischer Reiz kann auch eine oder mehrere Extrasystolen auslösen.Fällt nun ein zweiter Reiz in die vulnerable Periode dieser Extrasystole,so

führt auch dieser bei genügender Stromstärke zum Kammerflimmern (54).
Stromstärkebereich IV:Stromstärke von etwa 5 - 8 A aufwärts.Spannungen von etwa 2000 - 3000 V aufwärts. Kreislauf- und Herzstillstand mit nachfolgender sehr langanhaltender Herzmuskelunregelmäßigkeit,Blutdrucksteigerung während der Durchströmung und Verkrampfung der Atmung.Einwirkungsdauer bis zu einigen Sekunden, dann Tod infolge schwerster Verbrennungen.
Auch die Frequenz des Stromes kann unter Umständen von Bedeutung sein.Gerade der gebräuchliche Wechselstrom (Frequenz 40 - 60 Perioden pro Sekunde) kann unter ungünstigen Bedingungen lebensgefährlich sein,während Gleichstrom nicht so gefährlich ist.

Es entspricht der allgemeinen Erfahrung,daß bei Elektrounfällen die tatsächlich zur Wirkung gekommene Stromstärke nur geschätzt werden kann.Gewöhnlich sind dafür eingehende technische Untersuchungen nötig.Zu den hier bewchriebenen Fällen ist zu sagen,daß fast nie exakte technische Daten vorliegen.Nur in Fall 3 (40 mA),Fall 4 (50 mA) und Fall 14 (60 mA) wird eine genauere Angabe über die zur Zeit herrschende Stromstärke gemacht.Diese Stromstärken liegen alle im Bereich III nach KOEPPEN ,so daß man hier als Todesursache Herzkammerflimmern annehmen kann.
Auch die medizinischen Berichte über die Verunglückten sind im Wert sehr unterschiedlich und lassen mangels Obduktion der Todesfälle bezeichnenderweise eine Beurteilung nicht zu.Doch dürfte dieser Mangel nicht allzu schwer ins Gewicht fallen.
Andererseits kann man aus den "Brandwirkungen" vermuten,daß höher gespannte Ströme verwendet wurden (Fall 2,4,5,9,13,17).Hierzu wäre nach zu erwähnen, daß diese Verunglückten nicht unbedingt mit einem

elektrischen Leiter in Berührung gekommen sein müssen,da die zum Betriebe einer Röntgenröhre notwendigen hochgespannten Ströme (bis zu 230 kV) schon bei entsprechender Distanz einen Flammenbogen verursachen können.
Lediglich in Fall 8,11 und 14 wird über das Vorhandensein von Strommarken berichtet.
Da es sich jedoch bei den meisten Verunglückten um einen plötzlichen Tod gehandelt hat,liegt als Todesursache Herzkammerflimmern sehr hahe.

IV. Maßnahmen zur Verhütung von Hochspannungsunfällen in Röntgenbetrieben

Durch derartige Unfälle, von denen sicher bisher noch immer nicht alle erfaßt werden konnten, veranlaßt, gab im Jahre 1930 die Normenstelle der Deutschen Röntgengesellschaft in gemeinsamer Arbeit mit dem Verein Deutscher Elektrotechniker Vorschriften für den Hochspannungsschutz in medizinischen Röntgenanlagen heraus. In den ersten Vorschriften wurde erstmalig eine Einteilung der Röntgenanlagen in vier verschiedene Klassen vorgenommen.

Nach §3a von DIN RÖNT 1 (37,38) waren bei Röntgenanlagen der Klasse A sämtliche Hochspannung führenden Teile allseitig mit einer geerdeten elektrisch leitenden Hülle umgeben und dadurch der Berührung entzogen.
Klasse B waren Röntgenanlagen, bei denen nur die im Untersuchungs- oder Behandlungsraum befindlichen Hochspannung führenden Teile mit einer geerdeten elektrisch leitenden Hülle umgeben (abgekapselt) und dadurch der Berührung entzogen sind.
Klasse C waren Röntgenanlagen, die dadurch gekennzeichnet sind, daß auch die im Untersuchungs- und Behandlungsraum befindlichen Hochspannung führenden Teile bis zu einer Höhe von mindestens 2 m über dem Fußboden abgeschirmt sind und zwar entweder durch eine geerdete elektrisch leitende Schutzfläche oder durch eine Fläche aus Isolierstoff, die so ausgebildet ist, daß ihre Berührung auch bei höchster Betriebsspannung gefahrlos ist.
Klasse D waren Röntgenanlagen, bei denen die im Untersuchungs- und Behandlungsraum befindlichen

Hochspannung führenden Teile frei zugänglich sind.

Für die Röntgenanlagen der Klassen A bis D wurden nach §6 folgende Bauvorschriften gegeben:
§6a. Auf dem Schalttisch befindliche Betriebsschalter müssen so gebaut und so angeordnet sein, daß sie nicht unter dem Einfluß der Schwerkraft oder von Erschütterungen in die Einschaltstellung gelangen können.
b. Sind mehrere Betriebsschalter vorgesehen, so müssen sie entweder in Reihenschaltung angeordnet oder gegeneinander verriegelbar sein.
c. Der Gebrauch eines Fußschalters als Betriebsschalter für den Röntgentransformator ist nur dann zulässig, wenn er in seiner Ausschaltstellung durch eine Verriegelung gesichert ist.

Für die Röntgenanlagen der Klassen A bis C waren nach §7 als elektrisch leitende Schutzfläche auch ein Metallgitter oder -netz zulässig, wenn die Maschenfläche höchstens 1 cm^2 betrug.

Die Vorschriften des §8 für den Apparateraum bei den Röntgenanlagen der Klassen B bis D sahen vor, daß, in den Fällen, wo der frei aufgestellte Hochspannungserzeuger und der Bedienungstisch örtlich von einander getrennt waren, der Hochspannungserzeuger entweder in einem besonderen verschließbaren Raum untergebracht oder durch ein geerdetes Gitter oder Gehäuse unzugänglich gemacht werden muß. Das Öffnen der zum Hochspannungserzeuger führenden Türen des verschließbaren Raumes muß das Abschalten des Hochspannungserzeugers im Gefolge haben oder nur bei abgeschaltetem Hochspannungserzeuger möglich sein.

Nach §9a muß die Schutzhülle bei einpolig geerdeten Röntgenanlagen aus Isolierstoff bestehen und zusammen mit der zwischen ihr und dem Hochspannungssystem befindlichen Luftschicht der Isolationsprüfung mit dem 1,25fachen der höchsten Betriebsspannung standhalten.

Bei Röntgenanlagen der Klassen C bis D mit vom Untersuchungs- oder Behandlungsraum getrennten Schaltraum muß im ersten eine Warnungsvorrichtung vorgesehen sein,die das Eingeschaltetsein des Hochspannungserzeugers anzeigt und während der ganzen Dauer des Eingeschaltetseins in Tätigkeit bleibt (§10a).

Wichtig ist besonders §11,der besagt,daß da, wo Röntgenapparate,bei denen ein Punkt des Hochspannungssystems (Wickelungsmittelpunkt oder Systemmittelpunkt auf der Hochspannungsseite oder der eine Hochspannungspol) unmittelbar oder über verhältnismäßige niedere Widerstände betriebsmäßig geerdet ist,in den Anlagen der Klasse D nur dann eine Zulassung möglich ist,wenn eine Vorrichtung vorgesehen ist,die bei Berührung Hochspannung führender Teile die Abschaltung der Hochspannung in hinreichend kurzer Zeit bewirkt.
Da aber derartige Einrichtungen praktisch nur ganz kurze Zeit auf dem Markt waren und sich nicht bewährten,war schon von 1930 an für die Neufertigung die Erdung eines Punktes des Hochspannungssystems bei Anlagen der Klasse D verboten (39).

Nach §12a mußte jede Röntgenanlage als Überstromschutz einen Selbstschalter enthalten,der den Hochspannungstransformator primär abschaltet,sobald die Primärstromstärke,den bei den verschiedenen Betriebsweisen überhaupt auftretenden Höchstwert um 10% übersteigt.Lediglich für Aufnahmen mit Zeitrelais war kein Selbstschalter vorgesehen.
Nach §12b war eine von Hand verstellbare Vorrichtung zum Ändern des Selbstschalters nur zulässig, wenn eine Umschaltung von Aufnahme auf den Durchleuchtungsbetrieb notwendig war.

Nach §13b wurde für die im Behandlungs- oder Untersuchungsraum befindlichen ortsfesten Röntgenapparate ein Geländer um den Apparat vorgesehen, wenn sich die Hochspannungspole in weniger als 2 m Höhe über dem Fußboden befanden.Dieses mußte so bemessen sein,daß die Hochspannungspole außer Reichweite lagen.
Für ortsveränderliche Apparate galt diese Vorschrift allerdings nicht.

Für die Fußböden waren nach §14 nackte Stein-, Beton- oder durch Eisenplatten oder Roste durchsetzte Böden zu vermeiden oder wenigstens mit Holz,Kork oder Linoleumbelag zu versehen.

Besonders wichtig ist §15:
§15a.Die Mindesthöhe der festverlegten Hochspannungsleitungen sowie der an ihnen befestigten Geräte (z.B.Meßgeräte) über dem Fußboden muß in Anlagen in Leerlaufspannungen bis 75 kV 2,20 m;über 75 bis 130 kV 2,30 m;über 130 bis 250 kV 2,50 m betragen.
b.An begehbaren Stellen des Behandlungsraumes dürfen die Werte nach a.unterschritten werden,wenn unter den Leitungen ein geerdeter metallener Schutz oder eine Schutzschicht aus Isolierstoff angeord-

net ist,die den Bedingungen nach §9 entspricht.
c.An nicht begehbaren Stellen des Behandlungsraumes dürfen die Werte nach a.unterschritten werden, falls die Hochspannung führenden Teile außer Reichweite sind.

Als Röhrenzuleitungen zur Röhre (§17b) müssen selbsttätig zurückschnellende Hochspannungsleitungen verwendet werden,die mit Sicherungen ausgestattet sind,die ein unbeabsichtigtes Aushaken durch Erschütterung oder dgl.verhindern.Sind die Zuleitungen nicht abnehmbar an der festverlegten Hochspannungsleitung,so darf ihr tiefster Punkt nicht unter der in §15 angegebenen Mindesthöhe liegen.

Die Metallteile der Röntgengeräte sind zum Ableiten der Aufladung zu erden (§19).

Die Lagerungstische müssen nach §20 aus Holz oder Isolierstoff gefertigt sein.Andernfalls müssen sie mit Holz oder Isolierfüßen versehen sein, die der Betriebshöchstspannung mindestens 1 Minute lang gewachsen sind.

Aus diesen ersten Hochspannungsschutzvorschriften geht eindeutig hervor,daß nun endlich den Unfällen ein wirksamer Riegel vorgeschoben werden sollte.
Damit wurde den Röntgenapparate herstellenden Firmen viele Pflichten auferlegt,denn von jetzt an durfte eine Röntgenapparatur nur nach den Vorschriften der DIN RÖNT 1 installiert werden.Diese neuen Vorschriften brachten für die Ärzte und die Industrie vorerst einen ungeheueren Kostenaufwand mit sich.Von nicht sachverständiger Seite sind genügend

Stimmen laut geworden,die die neuen Forderungen als Zumutung bezeichneten und darauf hinwiesen,daß sie - die Kritiker selbst - noch keinen bedeutenden Unfall erlebt hätten.
Daß diese Vorschriften notwendig waren,beweist auch, daß man fortlaufend um ihre Ergänzung und Verbesserung bemüht war.
Gleichzeitig mit der Entwicklung des Hochspannungsschutzes ging die des Strahlenschutzes parallel.
Der Röntgenapparat erhielt ein Metallgehäuse,das geerdet und dadurch völlig berührungssicher war.Die Hochspannungsleitungen bestanden aus flexiblen Kabeln,deren Dielektrikum aus einem Spezialgummi großer Durchschlagsfestigkeit besteht und eine betriebsmäßig geerdete Metallumhüllung besitzt (40).
Zusammen mit dem geerdeten Metallbelag der Röhrenhaube war eine gefahrlose Berührung während des Betriebes zulässig (41).

Im Jahre 1933 sind die Vorschriften von DIN RÖNT 1 genauer präzisiert und erweitert worden.

Im §3a heißt es nun in der Einteilung der Röntgenanlagen (42,43,44):
Klasse A sind Röntgenanlagen,bei denen sämtliche Hochspannung führenden Teile allseitig mit einer elektrisch leitenden Hülle oder einer Schicht aus starrem Isolierstoff derart umgeben sind,daß das Berühren der Hülle oder Schicht auch bei höchster Betriebsspannung gefahrlos ist.
Klasse B sind Röntgenanlagen,bei denen nur die im Untersuchungs- oder Behandlungsraum befindlichen Hochspannung führenden Teile wie in Klasse A geschützt sind.
Klasse C sind Röntgenanlagen,bei denen die im Unter-

suchungs- oder Behandlungsraum befindlichen Hochspannung führenden Teile bis mindestens 2 m Höhe über dem Fußboden wie in Klasse A geschützt sind. Die Kennzeichnung der Klasse D entspricht der von 1930.

Eine wichtige Verschärfung bedeutete der §4a, nach dem der Bau von tragbaren oder fahrbaren Röntgenanlagen nach Klasse D nicht mehr zulässig ist. Damit ist die Benutzung dieser gefährlichen Anlagen, bei denen die Hochspannung führenden Teile frei zugänglich waren, erheblich eingeschränkt worden.

Ebenso wichtig ist der §16a, der die Erdung in Röntgenanlagen der Klasse D verbietet. Damit kommen die Vorschriften des §11/1930 in Fortfall.

Außerdem müssen bei fahrbaren oder tragbaren Röntgenanlagen mit dem Anschluß an die Netzspannung die metallenen Gehäuseteile mit der Schutzleitung (Erdung, Nullung, Schutzschaltung) verbunden sein (§6c).

Der §6/1930 ist jetzt als §7 wesentlich kürzer gefaßt und zwar heißt es: Auf dem Schalttisch befindliche Betriebsschalter müssen so gebaut und angeordnet sein, daß sie nicht mehr unter dem Einfluß der Schwerkraft oder von Erschütterungen in die Einschaltstellung gelangen können.
Der Absatz c des §6 ist jetzt als §15 über den Gebrauch eines Fußschalters als Betriebsschalter noch einmal besonders herausgestellt worden.

Dem §7 von 1930 entspricht der §8/1933.

Hier ist noch als elektrisch leitende Schutzfläche an den Röntgenanlagen der Klasse A bis C ein Metallgitter oder -netz zulässig, daß die zufällige Berührung Hochspannung führender Teile praktisch ausschließt.

Die Vorschriften des §10a/1933 über die Schutzhülle aus starrem Isolierstoff entspricht dem §9a/1930.

Der §13 entspricht dem §15/1930, ist jedoch wesentlich kürzer gefaßt und sieht vor, daß
a. an begehbaren Stellen des Arbeitsraumes der tiefste Punkt der festverlegten Hochspannungsleitung sowie der an ihnen befestigten Geräte (z.B. Meßgeräte) in mindestens 2,5o m Höhe über dem Fußboden liegen muß. Dieser Wert darf unterschritten werden, wenn unter den Leitungen ein geerdeter metallener Schutz oder eine Schutzschicht aus starrem Isolierstoff angeordnet ist, die den Bedingungen des §10 genügt.
b. An nicht begehbaren Stellen des Arbeitsraumes darf der Wert nach a. unterschritten werden, falls die Hochspannung führenden Teile außer Reichweite sind.
Der Absatz c des §13 ist gegenüber dem §12b wesentlich klarer gefaßt: Dient ein Röntgenapparat zum wechselnden Speisen der Hochspannungsleitung mehrerer Untersuchungs- oder Behandlungsräume, so müssen Schalter vorgesehen sein durch die stets nur die Hochspannungsleitung eines Arbeitsraumes unter Spannung gesetzt werden kann.

Ebenfalls präzisierter und kürzer ist §14 gegenüber §10/1930. Hier heißt es nun lediglich: Im Untersuchungs- und Behandlungsraum muß eine optische und akustische Signaleinrichtung vorhanden

sein,die anzeigt,daß der Röntgentransformator eingeschaltet ist.

Der §18 entspricht im Wortlaut dem §12a/1930, während bei §19b der Zusatz des §13b/1930 "Diese Vorschrift gilt nicht für ortsveränderliche Apparate" wegfällt.

Der §22 entspricht ebenso dem §17/1930.

Im §23a heißt es gegenüber §18a vereinfacht,daß die Hochspannung führenden Teile gegen die Metallteile des Röntgengerätes so isoliert sein müssen, daß Überschläge bei Röhrenspannungen bis zum 1,25fachen ihres betriebsmäßig vorkommenden Höchstwertes nicht auftreten können.

Die §§24 und 25 der Hochspannungsschutzvorschrift DIN RÖNT 1 von 1933 entsprechen den §§19 und 20 von 1930.

10 Jahre später wurden die Unfallverhütungsvorschriften (45,46) noch weiter ausgearbeitet.Dies hing vor allem auch mit der technischen Weiterentwicklung und Vervollkommnung der Röntgenapparate zusammen.

In §10,1 der Unfallverhütungsvorschrift von 1940 heißt es,daß alle Hochspannung führenden Teile in Arbeits- oder Aufenthaltsräumen allseitig mit einer geerdeten Hülle oder Isolierstoff umgeben sein müssen,so daß das Berühren der Hülle auch bei höchster Spannung gefahrlos ist.
Die Schutzgitter (§10,2) aus Metallgeflecht müssen so engmaschig sein,daß niemand hindurchgreifen kann.

Besteht die Hülle aus Isolierstoff,darf diese keinen Durchgriff gestatten und muß Sicherheit gegen 125% der Betriebshöchstspannung bieten.Besteht die Hülle teilweise aus einem Leiter höheren Widerstandes,so ist dieser Teil mit einer Isolierschicht zu umgeben,die gegen die höchsten bei Durchschlag der Hochspannung auf den Halbleiter entstehenden Spannungen genügend Sicherheit bietet.Die Erdungsleitungen aller übrigen leitenden Hüllen müssen einen so niedrigen Widerstandswert haben,daß bei den höchstmöglichen Strömen gefährliche Berührungsspannungen an ihnen nicht auftreten können.Sie müssen mindestens so stark gewählt werden und so verlegt werden,daß sie die notwendige mechanische Festigkeit aufweisen.
In Absatz 4 heißt es verschärfend,daß Gehäuse von Hochspannungsapparaten so verschlossen sein müssen, daß sie nur mit Sicherheitsschlüssel oder Werkzeug,und nur von Sachkundigen,geöffnet werden können und dürfen.Außerdem müssen die Hochspannungsräume,die während des Betriebes nicht betreten werden sollen,eine Vorrichtung enthalten,welche die Hochspannungserzeugung beim Öffnen abschaltet und nicht bei Schließen der Tür wieder einschaltet.

Wichtig ist in dieser Unfallverhütungsvorschrift von 1940 besonders der §11,der einen zusätzlichen Schutz bei beschränkt hochspannungssicheren Anlagen vorsieht.
Absatz 1:Röntgenanlagen dürfen Hochspannung führende,nicht berührungssichere Teile in Arbeits- oder Aufenthaltsräumen nur enthalten,wenn gewährleistet ist,daß nicht gleichzeitig mit einem Hochspannungspol versehentlich auch andere oder ein ge-

erdeter Teil oder ein Teil berührt werden kann,der gegen Erde,Netz oder den anderen Hochspannungspol oder dgl.so gering isoliert ist,daß die Hochspannung die Isolation zu überbrücken vermag.
In Absatz 2 heißt es in Anlehnung an den §4a der Hochspannungsschutzvorschrift von 1933,daß beschränkt hochspannungssichere Geräte nicht ortsveränderlich,z.B.tragbar oder von Raum zu Raum fahrbar sein dürfen.
Außerdem sollen in diesen Räumen (Absatz 3) handbediente Ausschalter leicht erreichbar sein.Durch diese Schalter muß sich die Anlage jederzeit stromlos machen lassen und außerdem muß sie gegen Wiedereinschalten von anderer Seite gesichert sein.
Genauer definiert im Vergleich zu §22 DIN RÖNT 1 von 1933 ist auch der Absatz 5,der einen Schutz z.B.Karabinerhaken,Verschraubungen oder dgl.bei beweglichen Hochspannungsleitungen als eine zuverlässige Sicherung gegen unbeabsichtigtes Lösen vorsieht.
So wurden nun auch endgültig die Unfälle beseitigt, die dadurch zustande kamen,daß einfache Metallhaken benutzt wurden,die sich durch das häufige Hantieren mit der beweglichen Leitung aufbogen,wodurch dann ein Herabfallen der Hochspannungsleitung auf die Betroffenen zustande kommen konnte.
Weiter sind noch in Absatz 5 Spannvorrichtungen vorgeschrieben,welche die Leitung nach Lösung zuverlässig und gefahrlos aus dem Verkehrsbereich entfernt.

Fast wiederum 10 Jahre später,im Jahre 1949, konnte die Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege ihre neuen Unfallverhütungsvorschriften für die Anwendung von Röntgenstrahlen in medizinischen (ärztlichen,zahnärztlichen und tierärztlichen) Betrieben nach dem Kriege herausgeben (47).

Es heißt darin,daß in medizinischen Röntgenbetrieben die grundsätzlichen §§ der Unfallverhütungsvorschrift (Nachtrag 1934) gelten.Somit sind die §§40 bis 50 mit den §§10 und 11 der Ausgabe 1934 identisch.

Im Jahre 1953 traten die auch noch heute gültigen Unfallverhütungsvorschriften inkraft.Gegenüber den Hochspannungsschutzvorschriften des Jahres 1930 sind sie kurz und knapp gehalten (48).
Im §48 heißt es für unverändert im Betrieb befindliche ältere Röntgenanlagen:
1.Unter Hochspannung stehende Teile müssen in Reichweite (als Stellen außer Reichweite gelten alle Stellen über 2,50 m über dem Fußboden.Dieser Wert kann unterschritten werden an Stellen,für die anderweitig gewährleistet ist,daß die Hochspannung während des Betriebes nicht berührt werden kann) von Hüllen aus elektrisch leitendem Werkstoff oder von starrem Werkstoff umgeben sein,so daß das Berühren der Hülle auch bei höchster Spannung gefahrlos ist.
2.Bei elektrisch leitenden Hüllen müssen alle ihre Teile unter sich leitend verbunden sein.Sie müssen durch die Erdung so geschützt sein,daß im Störungsfalle an keiner Stelle eine höhere Berührungsspannung als 65 V bestehen bleibt.

In seinen Erläuterungen schreibt H.W.ERNST (49) dazu:"Ältere Röntgenapparate mit freier Hochspannung im Arbeitsraum dürfen demnach noch weiter benutzt werden,aber nur wenn die Hochspannungsleitung

entweder 2,50 m über dem Fußboden angebracht ist oder sonst wie derart,daß sie eingeschaltet nicht berührt werden kann.Als Hochspannungszuführungen zur Röhre von oben herab kommen also nur noch außen geerdete Kabel in Frage.Es wird dies für eine Anzahl alter Röntgenanlagen bedeuten,daß sie ab 1.April 1954 nicht mehr weiter benutzt werden dürfen,da eine Änderung meist nicht mehr lohnend ist.Es sind dies aber Geräte,die ausnahmslos noch in anderer Hinsicht veraltet sind."

3.Tragbare oder von Raum zu Raum fahrbare,nicht völlig hochspannungssichere Anlagen müssen so geändert werden,daß ihre Verwendung in anderen als den eigentlichen Betriebsräumen wirksam verhindert ist (z.B.durch festen Anschluß der Zuleitung,Sondersteckanschluß,Ankettung) (48).
Dieser Absatz entspricht immer noch sinngemäß dem §4a von 1933 bzw.dem §11,2 von 1940.

Vereinfacht heißt der §10,4 von 1940 jetzt als §49 lediglich nur noch:Gehäuse von Röntgenapparaten dürfen nur von Sachkundigen geöffnet werden. Diese Fassung ist eindeutig und klar,und es dürfte heute auch wohl keinem Arzt mehr einfallen,an seiner Röntgenanlage selbst Reparaturen vorzunehmen, wie es vor 40 Jahren durchaus noch üblich war.Die Entwicklung von einer mit einem Funkeninduktor bedienten Hittorfschen Röhre zu den heutigen Röntgeneinheiten,bei denen Röntgenröhre als auch Hochspannungserzeuger mit allen Schaltvorrichtungen sich in mit Öl gefüllten Behältern befinden,ist soweit gegangen,daß für die Wartung dieser Apparaturen nur noch spezial ausgebildete Techniker in Betracht kommen (41).

Diese Röntgeneinheiten sind so berührungssicher, daß heute,um mit H.W.ERNST zu sprechen (49),der "ins Auge springende Unfall durch die Hochspannung der Röntgenanlage am wenigsten von Bedeutung sein dürfte."

V.Zusammenfassung

Aus der Literatur wurden insgesamt 20 tödlich verlaufende Hochspannungsunfälle bei der Anwendung von Röntgendiagnostikapparaten nachgewiesen,von denen 11 Fälle noch nicht als Röntgenopfer gewürdigt worden sind.Von diesen konnten in 8 Fällen keine näheren Hinweise auf die Person der Verunglückten gefunden werden.Nachfragen bei geeignet erschienenen Stellen oder Einzelpersonen blieben ohne Ergebnis. Vielleicht läßt sich durch fortgesetzte Nachforschungen in dem einen oder anderen Fall doch noch die nähere Identifizierung der Person erreichen. Zweifellos sind aber auch durch diese Erhebung noch nicht alle Opfer von Hochspannungsschäden bei den röntgenologischen Arbeiten erfaßt worden.
Die Arbeit kann daher nur mit dem Wunsch abgeschlossen werden,daß sie als Anregung dienen möge,diese Kasuistik zu vervollständigen.Wenn die in Betracht kommenden Firmen der Röntgenapparate-Industrie die noch vorhandenen Unterlagen in ihren Werksarchiven zur Verfügung stellen würden,würde für sie selbst keine Belastung ihres guten Rufes eintreten,sie würden damit aber ihren schuldigen Dank abstatten für die Unterstützung und Hilfe,die ihnen von röntgenärztlicher Seite in der Entwicklungszeit der Apparateindustrie zuteil wurde.

VI.Literaturverzeichnis

1.Holthusen,Hermann;Meyer,Hans;Molineus,Werner: Ehrenbuch der Röntgenologen und Radiologen aller Nationen 2.Aufl.
Verlag Urban & Schwarzenberg,München und Berlin 1959
2.Röntgen,W.Conrad:Über eine neue Art von Strahlen (Vorläufige Mitteilung)
Sitzungsberichte der physik.-medic.Gesellsch. Jhg.1895 S.132
zitiert nach:Glasser,Otto:Wilhelm Conrad Röntgen S.14 2.Aufl.
Springer Verlag Berlin,Göttingen,Heidelberg 1959
3.Dessauer,Friedrich:Erinnerungen aus der Entwicklung der Röntgentechnik
Experientia 1(1945) S.307 Basel
4.Dessauer,Friedrich:Die Offenbarung einer Nacht
Josef Knecht Carolusdruckerei Frankfurt/Main 1958
5.Lasser,Karl:Die Röntgenstrahlenerzeugung in der neuen gasfreien Röhre und Spezialapparate zu ihrem Betriebe für Diagnostik und Therapie
Berliner klin.Wschr.53(1916)12 S.297
6.Schön,Herbert:Medizinische Röntgentechnik 3.Aufl.
Georg Thieme Verlag Stuttgart 1961
7.Zacher,Franz:Zur Entwicklungsgeschichte der Vorrichtungen zur Erzeugung hochgespannter elektrischer Ströme für den Betrieb von Röntgenröhren
Fortschr.Röntgenstr.29(1922) S.179
8.Donath,Bruno:Die Einrichtung zur Erzeugung der Röntgenstrahlen S.119
Verlag von Reuther und Reichard Berlin 1903
9.Levy,Max:Kritische Bemerkungen über den Schutz gegen Hochspannungsgefahr für Arzt,Patient und Personal im Röntgenlaboratorium Röntgenpraxis 1(1929)S.556
10.Groedel,Franz M.;Lossen,Heinz:Schutzmaßregeln gegen elektrische Unfallschäden in modernen Rönt-

genbetrieben
Med.Klin.21(1925)13 S.465
11.Fritsch,Ernst:Der "Securo-Sicherheitsapparat"
Strahlentherapie 28(1928) S.810
12.Levy-Dorn,Max:Die Tötung eines Arztes und seiner Gehilfin durch den elektrischen Strom bei Vornahme einer Röntgenuntersuchung
Med.Klin.20(1924)50 S.1762
13.Großmann,Gustav:Elektrische Unfälle - Kritische Betrachtungen über eine Reihe elektrischer Unfälle in medizinischen Röntgenbetrieben
Röntgenpraxis 5(1933)4 S.269-286
14.Wetterstrand,G.A.:A Roentgen accident with a fatal result through the shortcircuitung of the secondary current
Acta radiol.5(1925) S.105-108
15.Zbl.ges.Radiol.1(1926) S.57
16.Levy-Dorn,Max:Die Tötung eines Arztes und seiner Gehilfin durch den elektrischen Strom bei Vornahme einer Röntgenuntersuchung
Strahlentherapie 19(1925) S.908
17.Groedel,Franz M.;Liniger,Hans;Lossen,Heinz:Materialiensammlung der Unfälle und Schäden in Röntgenbetrieben 2.Heft
Fortschr.Röntgenstr.Erg.B.38(1927)
Georg Thieme Verlag,Leipzig
18.Polgár,Franz:Tödlicher elektrischer Unfall in einem Röntgenlaboratorium
Med.Klin.22(1926)12 S.453
19.Zbl.ges.Radiol.1(1926) S.458
20.Sand,Knud:Om Røntgendødsfald
Uskr.Laeger 89(1927)6 S.125
21.van der Plaats,Bernardus Jan:Maatregelen tegen het hoogspannungsgevaar in Röntgenkamers
Ziekenhuis 19(1928)2 S.26-28

22.van der Plaats,Bernardus Jan:Maßregeln gegen die Hochspannungsgefahr in Röntgenzimmern
Zbl.ges.Radiol. 5(1928/29) S.292
23.Tagesgeschichte
Zschr.ärztl.Fortbild.29(1932) S.68
24.Wehlau,Max:Tod bei der Röntgenaufnahme
Zahnärztl.Rdsch.48(1931) S.2145
25.Sind Röntgenaufnahmen ungefährlich? (Todesfall bei einer Zahnaufnahme)
Zahnärztl.Mitt.46(1931) S.1264
26.Schindler,Jakob:Die Gefahren des Röntgenbetriebes in der zahnärztlichen Praxis
Schweiz.Mschr.Zahnhk.41(1931) S.661
27.Fischmann,Mihály:Betrachtungen zu einem neueren tödlichen Röntgenunfall
Zbl.ges.Radiol.11(1932) S.82
28.Fischmann,Mihály:Reflexiók egy ujabb halálos röntgenszerencsétlenséghez
Gyógyászat 1(1931) S.165-67
29.Tagesgeschichte
Zschr.ärztl.Fortbild.29(1932) S.772
30.Schinz,Hans R.;Strelin,Adolf:Elektrischer Tod beim Durchleuchten
Röntgenpraxis 5(1933)2 S.148
31.Baumann,Ernst:Beitrag zur Kenntnis der Gefahr des elektrischen Unfalls am Röntgenapparat
Schweiz.med.Wschr.2(1932) S.1269
32.Zbl.ges.Radiol.15(1933) S.392
33.Arcelin,Fabien:Un accident mortel dû au courant électrique alimentant un tube Coolidge
Lyon med.12(1920) S.124
34.Bellucci,Bruno:Lesioni da elletricità
Policlinico 28(1931)37 S.1369
35.Bellucci,Bruno:Lesioni da elletricità
Luigi Pozza,Roma 1932

36.Kerpel,Edmund:Tödliche Hochspannungsunfälle bei Röntgenuntersuchungen
Wien.med.Wschr.83(1933)20 S.560
37.Vorschriften für den Hochspannungsschutz in medizinischen Röntgenanlagen DIN RÖNT 1
Elektrotechn.Zschr.50(1929)1 S.31
38.Fortschr.Röntgenstr.39(1929)4 S.729
39.Persönliche Mitteilung von Herrn Dipl.Ing.Graf, Herbert (Erlangen)
40.Graf,Herbert:Neue Wege zur Erzielung eines vollständig hochspannungssicheren Röntgenbetriebes
Strahlentherapie 45(1932) S.763
41.Glocker,Richard:Röntgen- und Radiumphysik für Mediziner S.72
Thieme Verlag Stuttgart 1949
42.Vorschriften über den Hochspannungsschutz in medizinischen Röntgenanlagen DIN RÖNT 1
Elektrotechn.Zschr.53(1932)47 S.1138
43.Strahlentherapie 46(1933)4 S.783
44.Vorschriftenbuch des VDE 20.Aufl.
Im Verlag des VDE,Berlin 1935
45.Ernst,Heinrich Wilhelm:Über die neuen Unfallverhütungsvorschriften für Anwendung der Röntgenstrahlen in medizinischen Betrieben
Fortschr.Röntgenstr.61(1940) S.290
46.Reichsarbeitsblatt Teil III (1940) S.237
47.Unfallverhütungsvorschriften für die Anwendung von Röntgenstrahlen in medizinischen (ärztlichen, zahnärztlichen und tierärztlichen) Betrieben
Neufassung 1949
48.Unfallverhütungsvorschrift - Anwendung von Röntgenstrahlen in medizinischen (ärztlichen,zahnärztlichen und tierärztlichen)Betrieben Ausgabe 1953
49.Ernst,Heinrich Wilhelm:Strahlenschutz und sonstiger Arbeitsschutz bei der medizinischen Anwendung

von Röntgenstrahlen.Die neuesten Unfallverhütungsvorschriften mit Erläuterungen
Stuttgart 1953
50.Koeppen,Siegfried:Erkrankungen der inneren Organe nach elektrischen Unfällen (Hefte zur Unfallheilkunde,Heft 34)
Springer Verlag Berlin 1942
51.Koeppen,Siegfried:Erkrankungen der inneren Organe und des Nervensystems nach elektrischen Unfällen (Hefte zur Unfallheilkunde,Heft 34)
Springer Verlag Berlin,Göttingen,Heidelberg 1953
52.Müller,Berthold:Gerichtliche Medizin
Springer Verlag Berlin,Göttingen,Heidelberg 1953
53.Jellinek,Stefan:Atlas zur Spurenkunde der Elektrizität
Springer Verlag Wien 1955
54.Jenny,Fritz:Der elektrische Unfall - Als pathologisch-anatomisches,klinisches und unfallmedizinisches Problem
Medizinischer Verlag Hans Huber Bern 1945

Für die Themenstellung und die liebenswürdige Unterstützung bei dieser Arbeit möchte ich

Herrn Prof.Dr.med.Heinz G o e r k e

meinen besten Dank sagen.

Lebenslauf

Am 25.September 1936 wurde ich als Tochter des Lehrers Kurt S c h ö f e r und seiner Ehefrau Irmgard geb.H o l z in Pegau/Sa.geboren.
Von 1942 bis 1950 besuchte ich die Volksschule in Pegau,anschließend bis 1954 die Helmholtz-Oberschule in Leipzig,wo ich im Juni 1954 meine Reifeprüfung bestand.
Von Januar 1955 bis August 1956 arbeitete ich jeweils ein dreiviertel Jahr im Landambulatorium in Groitzsch und in der Betriebspoliklinik in Profen.
Im September 1956 kam ich nach Berlin,wo ich im Juli 1957 am Goethe-Gymnasium in Berlin-Wilmersdorf meine Ergänzungsprüfung zum Abitur ablegte.
Zu Beginn des Wintersemesters 1957/58 immatrikulierte ich mich an der Freien Universität Berlin für das Fach Medizin,das ich im März 1964 mit dem ärztlichen Staatsexamen abschloß.
Am 6.Juni 1963 heiratete ich den Dipl.Ing.Hans-Jürgen K l e i b e l e r aus Hamburg.
Zur Zeit bin ich zwecks Ableistung meiner Medizinalassistentenzeit am Rittberg-Krankenhaus in Berlin-Lichterfelde tätig.